



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 12 133 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 60 R 16/02

⑳ Aktenzeichen: 100 12 133.0
㉔ Anmeldetag: 13. 3. 2000
㉕ Offenlegungstag: 27. 9. 2001

DE 100 12 133 A 1

⑦① **Anmelder:**
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦④ **Vertreter:**
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

⑦② **Erfinder:**
Weeber, Kai, 71287 Weissach, DE; Knoop, Michael,
Dr., 71638 Ludwigsburg, DE; Leimbach,
Klaus-Dieter, Dr., 73569 Eschach, DE

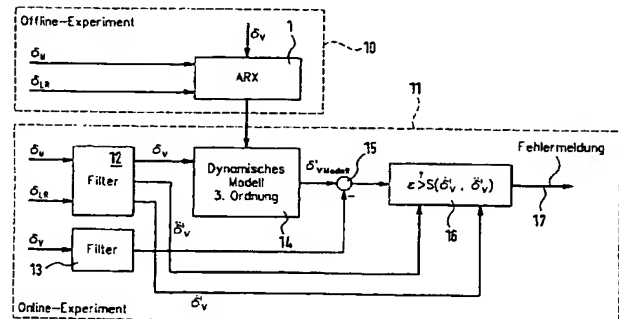
⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**
DE 198 39 951 A1
DE 42 01 146 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Überwachungssystem zur Überwachung einer Stelleinrichtung im Kraftfahrzeug**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein System zur Überwachung einer Winkelstelleinrichtung im Fahrzeug, insbesondere im Kraftfahrzeug, die aufgrund eines Sollwinkels (DELTAM + DELTAR) einen Istwinkel (DELTAV) einstellt, und mit einem Istwinkelsensor zur Erfassung des eingestellten Istwinkels der Stelleinrichtung versehen ist, und dadurch gekennzeichnet ist, dass Überwachungsmittel (10, 11) vorgesehen sind, die anhand eines dynamischen Modells eine Vorhersage des Istwinkels aus der Kenntnis des Sollwinkels und aus fahrdynamischen Größen ausführen und den vorhergesagten Istwinkel mit dem sensorisch erfassten Istwinkel vergleichen (15) und aus dem Vergleichsergebnis ein Fehlersignal (17) ableiten (Figur).



DE 100 12 133 A 1

5 Die Erfindung betrifft ein System zur Überwachung einer Winkelstelleinrichtung im Fahrzeug, insbesondere im Kraftfahrzeug, die aufgrund eines Sollwinkels einen Istwinkel einstellt, und mit einem Istwinkelsensor zur Erfassung des eingestellten Istwinkels der Stelleinrichtung versehen ist sowie eine Verwendung dieses Überwachungssystems zur Überwachung einer Stellermechanik eines fahrdynamischen Lenksystems (FLS) in einem Kraftfahrzeug.

Allgemein können bei Winkelstellern, die aufgrund eines Sollwinkels einen Istwinkel einstellen, aufgrund der verwendeten Messtechnik, unterschiedlichen Abtastzeiten einzelner Winkelsensoren und Signalquantifizierungen beträchtliche Abweichungen eines berechneten Sollwinkels von dem tatsächlich am Stellerausgang eingestellten Istwinkel auftreten. Solche Abweichungen können bei hochdynamischen Vorgängen zu großen Fehlern führen.

Hochdynamische Vorgänge im Kraftfahrzeug treten z. B. bei elektromechanischen Bremssystemen, die abhängig von einem am Bremspedal vorgegebenen Sollsignal von der Fahrdynamik und von Fahrbahnbeschaffenheiten abhängige Zusatzsignale hinzufügen, einem automatisierten Schaltgetriebe, bei Drosselklappenlageregelungen und bei fahrdynamischen Lenksystemen auf, bei denen ein Lenksteller einen am Lenkrad eingestellten Fahrerlenkradwinkel und einen von dynamischen Fahrzuständen abhängigen Motorzusatzwinkel zu einem Summenausgangswinkel addieren.

Bei dem zuletzt genannten fahrdynamischen Lenksystem addiert die Stelleinrichtung, d. h. der Lenksteller die beiden Eingänge zum Summenwinkel am Ausgang. Die jeweiligen Winkel am Eingang und der Winkel am Ausgang werden jeweils durch Winkelsensoren überwacht.

Tritt ein mechanischer Schaden am Steller auf, so ist die Stellerfunktion beeinträchtigt. Diese Beeinträchtigung lässt sich über die einzelnen Winkelsensoren erfassen.

Bei normal funktionierendem Steller, funktionierenden Sensoren und verzögerungsfreier exakter Messung aller Signale zu jedem Zeitpunkt addieren sich die Stellereingangswinkel zum Ausgangswinkel des Stellers nach folgender Beziehung:

$$\text{DELTAM} + \text{DELTALR} = \text{DELTAV} \quad (1)$$

wobei DELTALR den Lenkradwinkel, DELTAM den Motorzusatzwinkel und DELTAV den Ausgangswinkel des Lenkstellers bezeichnet.

Die oben erwähnten, aufgrund der verwendeten Messtechnik, der unterschiedlichen Abtastzeiten bei den einzelnen Sensoren und den Signalquantifizierungen verursachten Abweichungen der tatsächlichen Istwinkel von den zu erwartenden theoretischen Istwinkeln können in der obigen Gleichung (1) zu großen Fehlern führen, die bis zu 70 Winkelgrade betragen können.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Es ist Aufgabe des gattungsgemäßen Überwachungssystems systematisch bedingte Fehler einer Stelleinrichtung von tatsächlichen Fehlern, die von Sensor- und/oder Stellerfehlern herrühren, zu unterscheiden und insbesondere bei einem dieses Überwachungssystem verwendenden fahrdynamischen Lenksystem (FLS) im Kraftfahrzeug die systematisch bedingten Fehler des Lenkstellers von tatsächlichen Lenkstellerfehlern und Sensorfehlern zu unterscheiden und damit die Zuverlässigkeit und Sicherheit des FLS zu steigern.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung eine modellgestützte Fehlerberechnung vor. Dazu führen Überwachungsmittel anhand eines dynamischen Modells eine Vorhersage des Istwinkels aus der Kenntnis des Sollwinkels und aus erfassten oder zugeführten fahrdynamischen Größen aus, vergleichen den vorhergesagten Istwinkel mit dem sensorisch erfassten Istwinkel und leiten aus dem Vergleichsergebnis ein Fehlersignal ab.

Bei dem erfindungsgemäßen Überwachungssystem sind die Überwachungsmittel zur Durchführung eines Fehlerkennungsalgorithmus eingerichtet, der Signalaufbereitungsmittel, Modellberechnungsmittel und Vergleichsmittel umfasst.

Die vorgeschlagenen Signalaufbereitungsmittel weisen lineare Filtermittel auf, um aus dem sensorisch erfassten und zu diskreten Zeiten abgetasteten Istwinkelsignal ein stetiges Istwinkelsignal zu bilden.

Die Modellberechnungsmittel ermitteln ein Modell, das die Zeitverzögerung im Istwinkel signaldynamisch modelliert.

Die Modellberechnungsmittel führen eine Iteration des zeitlichen Verlauf des Istwinkelsignals aus einem momentanen, einem vorigen und einem vorvorigen Signalwert durch.

Die Vergleichsmittel des Fehlerkennungsalgorithmus ermitteln einen Fehler im erfassten Istwinkelsignal auf der Basis eines durch die Filtermittel gefilterten Istwinkelsignals und des durch die Modellberechnungsmittel berechneten Modellwerts und vergleichen den ermittelten Fehler mit empirisch gefundenen Fehlerschranken. Dabei wählen die Vergleichsmittel zwei Fehlerschranken je nach Signaldynamik aus, wobei sie die Signaldynamik anhand einer zuvor berechneten Winkelgeschwindigkeit und einer Winkelbeschleunigung des Istwinkelsignals kennzeichnen.

Die erfindungsgemäße Verwendung dieses vorgeschlagenen Überwachungssystems für ein FLS führt eine Vorhersage des Summenwinkelsignals DELTAV des Lenkstellers durch und vergleicht den vorhergesagten Wert mit dem sensorisch erfassten Messwert des Summenwinkels. Überschreitet die Differenz dieser beiden Signale die erwähnte, von den Vergleichsmitteln ausgewählten Fehlerschranken so wird eine Fehlermeldung des fahrdynamischen Lenksystems abgesetzt.

Grundsätzlich werden bei diesem Verfahren die real auftretenden Fehler in der obigen Gleichung (1) nicht verkleinert, jedoch ist mittels des Modells eine situationsabhängige Voraussage des zu erwartenden realen Fehlers (bei gegebenen Hardware-Randbedingungen) möglich. Anhand dieser Vorhersage lässt sich bei großen Abweichungen der durch das Modell ermittelten Signale zu dem Wert DELTAV in Gleichung (1) verlässlicher sagen, ob ein tatsächlicher Fehler vorliegt oder nicht.

DE 100 12 133 A 1

Zeichnung

Nachstehend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Überwachungssystems beispielhaft für ein FLS anhand der einzigen Figur beschrieben, die Funktionsblöcke eines in der Erfindung verwendeten Fehlererkennungsalgorithmus darstellt.

5

Ausführungsbeispiel

Der in der Figur dargestellte Fehlererkennungsalgorithmus 11 setzt sich aus drei Abschnitten zusammen, einem Signalaufbereitungsabschnitt 12, 13, der eine lineare Filterung durchführt, einem Modellberechnungsabschnitt 14, der eine Vorhersage des Summenwinkels DELTAV ausführt, und einem Abschnitt mit Vergleichsmitteln 15, 16, die ein Vergleichsergebnis aus dem modellierten Summenwinkel mit dem Messwert vergleichen.

Als Eingangsgrößen des Fehlererkennungsalgorithmus 11 dienen somit die sensorisch ermittelten Signale DELTAM, DELTALR und DELTAV.

Nachfolgend werden Struktur, Funktion und Signalzustände der oben angeführten drei Abschnitte: Signalaufbereitungsabschnitt, Modellberechnungsabschnitt und Vergleichsabschnitt beschrieben.

15

Abschnitt 1, Signalaufbereitung

In der Signalaufbereitung wird der Summenwinkel DELTAV mit einem Tiefpass-Filter 13 (Pol bei $s = -50$, Zeitkonstante $T = 20$ ms) gefiltert. Diese Filterung ist notwendig, da das Summenwinkelsignal durch die geringe Abtastrate von 20 ms und eine Quantifizierung von 2.5° sehr unstetig ist. Das gefilterte Signal des Summenwinkels wird später für die Berechnung des Fehlers in der Gleichung 1 verwendet.

Weiterhin wird die Summe aus Motorwinkel und Lenkradwinkel mit einem Tiefpass 12 gefiltert und aus diesem Signal durch Differentiationen die Winkelgeschwindigkeit und -beschleunigung des Summenwinkels DELTAV berechnet. Diese Signale sind aufgrund ihrer Quantifizierung von 0.1° besser abzuleiten. Die Ableitungen werden für die Festlegung von Überwachungsbereichen verwendet. Bei kleinen Winkelgeschwindigkeiten und Winkelbeschleunigungen (geringe Lenkdynamik) wird die Fehlergrenze enger gesetzt als bei hoher Lenkdynamik.

Die Filtergleichungen sind (C-Code):

```
dv1+=a_deltav*T_ABT*(DELTAV-dv1); /* Filter 1, Winkel
*/
/* gefiltertes deltam_lr
für Dynamik-Grenze */
dv2+=a_deltamlr1*T_ABT*(deltam_lr-dv2);/* Filter
2,Winkel*/
/*Ableitung von dv2 für
Dynamik-Grenze */
ddv2=a_deltamlr1*(deltam_lr-dv2); /*
Winkelgeschwindigkeit */
/* gefiltertes ddv2 für
Dynamik-Grenze */
dv3+=a_deltamlr2*T_ABT*(ddv2-dv3); /* Filter3,
Winkelgeschwindigkeit */
/* Winkelbeschleunigung
für Dynamik-Grenze */
ddv3=a_deltamlr2*(ddv2-dv3); /* Winkelbeschleunigung
*/
```

30

35

40

45

50

55

60

Abschnitt 2, Modellberechnung

Beim Vergleich der Winkelsignale DELTAV mit DELTAR + DELTAM wird deutlich, dass DELTAV einen zeitlichen Verzug zu DELTAR + DELTAM hat. Dieser Verzug führt bei dynamischen Vorgängen zu Fehlern. Die Idee bei der Modellberechnung ist, ein Modell zu ermitteln, das als Eingangsgröße die Summe DELTAR + DELTAM hat und als Ausgangsgröße einen Schätzwert für DELTAV (im Programm dv1) liefert. Das Modell modelliert somit die Zeitverzögerung

65

DE 100 12 133 A 1

in den Signalen.

Für die Ermittlung des Modells wird eine Identifikation mit einem ARX-Modell 1 (Ermittlung in MATLAB mit Identification Toolbox) (im Offline Experiment 10) verwendet. Die Modellordnung wird nach mehreren Iterationen auf 3 festgelegt. Eine Zählerordnung von 2 hat sich ebenfalls bewährt.

5 Die Modellgleichung ist (C-Code):

```

        y1=-den12*y1_a1 - den13*y1_a2 -
        den14*y1_a3+num11*deltam_lr +
10  num12*deltam_lr_a1 + num13*deltam_lr_a2;
```

wobei der Größe y1_a1 der y1-Wert aus dem Zeitschritt zuvor, der Größe y1_a2 der y1-Wert vor 2 Zeitschritten u. s. w. entspricht. Wie zuvor bemerkt, ist der Modelleingang die Summe aus DELTAR + DELTAM = deltam_lr. Die Werte deltam_lr_a1 und deltam_lr_a2 sind die Eingänge des vor bzw. vor-herigen Zeitpunktes.

15

Abschnitt 3, Vergleich und Abfragen der Fehlerschranken

Mit dem gefilterten Wert des Summenwinkels dv1 und dem berechnetem Modellwert y1 wird der Fehler in der Summenwinkelgleichung (1) berechnet:

20

```
fehler = fabs(y1 - dv1).
```

25 Dieser Fehler wird nun mit empirisch gefundenen Fehlerschranken verglichen. Es handelt sich hierbei um 2 Fehlerschranken, die je nach Signaldynamik ausgewählt werden. Die Signaldynamik wird anhand der zuvor berechneten Winkelgeschwindigkeiten und Winkelbeschleunigungen charakterisiert. Es hat sich bei den Untersuchungen herausgestellt, dass zur Beschreibung der Signaldynamik die Winkelgeschwindigkeit allein nicht ausreicht. Es gibt in hochdynamischen Situationen Zeitpunkte, in denen die Winkelgeschwindigkeit sehr klein oder auch 0 ist, aber durch die hohe Beschleunigung hohe Winkelfehler vorhanden sind. Zur Unterscheidung der beiden Dynamikbereiche werden die Konstanten vgrenz und agrenz verwendet.

30 Weiterhin hat sich bei den Untersuchungen herausgestellt, dass sich im Verlauf der Fahrversuche ein Offset in der Winkelsumme bilden kann (bedingt auch durch die grobe Quantifizierung des Summenwinkels). Dieser Offset wird in Zeiträumen mit geringer Signaldynamik online ermittelt und bei der Fehlerabfrage berücksichtigt. Dadurch können die Fehlerschranken kleiner gewählt werden. Übersteigt der Offset einen Grenzwert, so wird auf Fehler erkannt.

35

Offsetberechnung (C-Code)

```
if((fabs(dv3) < vgrenz/radpi)&&(fabs(ddv3) < agrenz/radpi))
```

40

```
    if(off < off_grenz/radpi)
```

45

```
        sum += fehler;
        zahl++;
        off = sum/zahl;
```

50

```
    else
```

```
        if((VAL_FEHLER==0)&&(zahl1>20))/*Abschalten
```

55

```
        Offset über zulässigen Bereich*/
        VAL_FEHLER=fehler_sumw_offset ;/* =101 */
```

60

65

DE 100 12 133 A 1

```

/* EndeOffset */

Fehlerüberwachung (C-Code) 5

/* Überwachung der Fehlergrenzen in Abhängigkeit vom
tatsächlichen Fehler und 10
in Abhängigkeit */
if( /* Fehler im Bereich mit geringer
Dynamik */ 15
(
(fabs(ddv3)<agrenz/radpi)&&(fabs(dv3)<vgrenz/radpi) 20
) &&
( (fabs (fehler) -fabs(off)) >
winkelgrenz1/radpi) 25
)
If ((VAL_FEHLER ==0)&&(zahl1 > 20)) /*Abschalten
Fehler bei hoher Dynamik */ 30
VAL_FEHLER=fehler_sumw_grenz1; /* = 102 */ 35
else if /* Fehler im Bereich mit hoher Dynamik
*/ 40
(
(
(fabs(ddv3)>agrenz/radpi)&&(fabs(dv3)>vgrenz/radpi) 45
) &&
( (fabs (fehler) -fabs(off)) >
winkelgrenz2/radpi) 50
)
if((VAL_FEHLER==0)&&(zahl1 > 20)) /* Abschalten
Fehler bei hoher Dynamik */ 55
VAL_FEHLER=fehler_sumw_grenz2; /* = 103 */ 60

```

Bei der Initialisierung müssen bei dem Modell die Anfangsbedingungen richtig gesetzt werden. Ist die Winkelsumme DELTALR + DELTAM zu Beginn ungleich null so muss dieser Wert als Anfangswert für das Modell übernommen werden (y1_a1 = y1_a2 = y1_a3 = DELTALR + DELTAM – hierbei wird vorausgesetzt, dass nur Anfangsbedingungen in der Lage ungleich Null sind).

DE 100 12 133 A 1

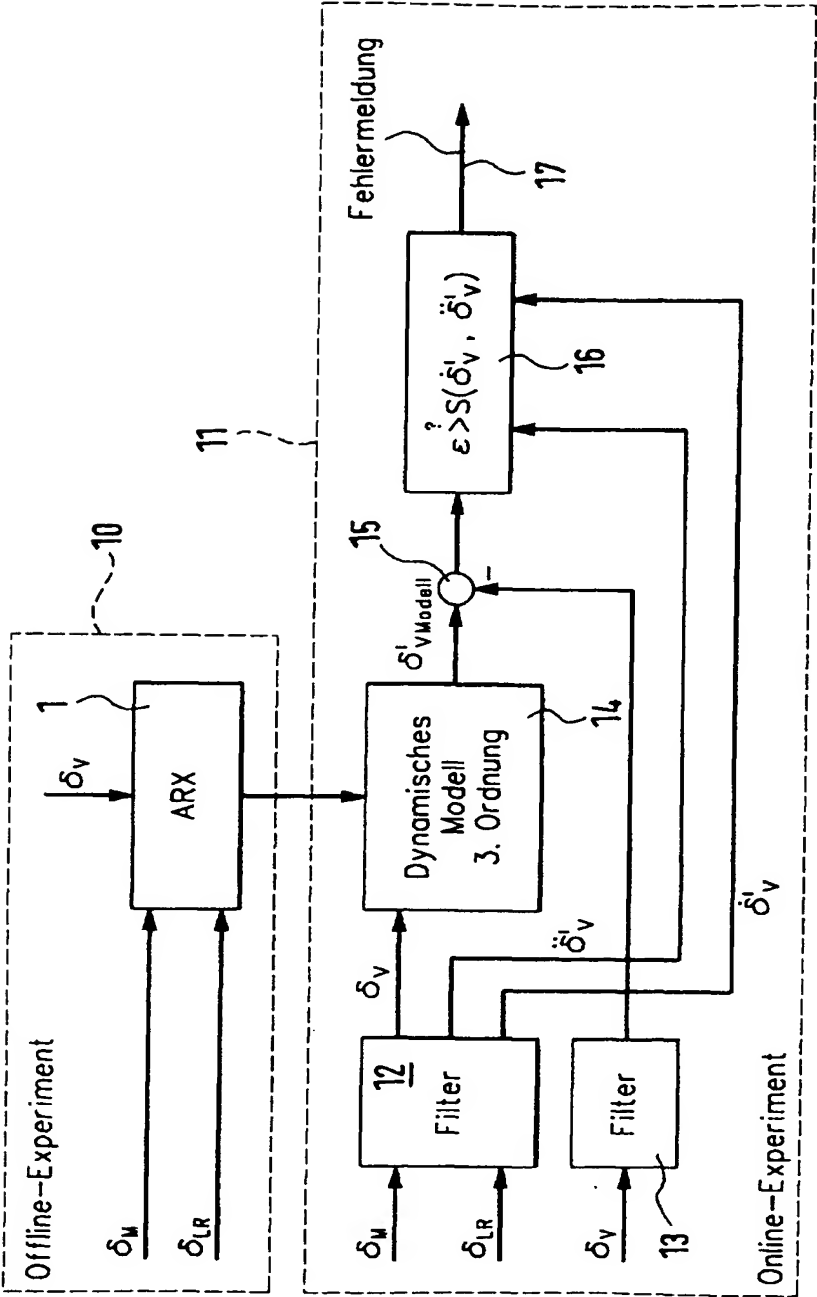
Patentansprüche

1. System zur Überwachung einer Winkelstelleinrichtung im Fahrzeug, insbesondere im Kraftfahrzeug, die aufgrund eines Sollwinkels (DELTAM + DELTAR) einen Istwinkel (DELTAV) einstellt, und mit einem Istwinkelsensor zur Erfassung des eingestellten Istwinkels der Stelleinrichtung versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass Überwachungsmittel (10, 11) vorgesehen sind, die anhand eines dynamischen Modells eine Vorhersage des Istwinkels aus der Kenntnis des Sollwinkels und aus fahrdynamischen Größen ausführen und den vorhergesagten Istwinkel mit dem sensorisch erfassten Istwinkel vergleichen (15) und aus dem Vergleichsergebnis ein Fehlersignal (17) ableiten.
2. Überwachungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Überwachungsmittel zur Durchführung eines Fehlererkennungsalgorithmus eingerichtet sind, der Signalaufbereitungsmittel, Modellaufbereitungsmittel und Vergleichsmittel umfasst.
3. Überwachungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalaufbereitungsmittel des Fehlererkennungsalgorithmus lineare Filtermittel aufweisen, um aus dem sensorisch erfassten und zu diskreten Zeiten abgetasteten Istwinkelsignal ein stetiges Istwinkelsignal zu bilden.
4. Überwachungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Modellberechnungsmittel ein Modell ermitteln, das die Zeitverzögerung im Istwinkelsignal dynamisch modelliert.
5. Überwachungssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Modellberechnungsmittel eine Iteration des zeitlichen Verlaufs des Istwinkelsignals aus einem momentanen, einem vorigen und einem vorvorigen Signalwert durchführen.
6. Überwachungssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergleichsmittel einen Fehler im erfassten Istwinkelsignal auf der Basis eines durch die Filtermittel gefilterten Istwinkelsignals und des durch die Modellberechnungsmittel berechneten Modellwerts ermitteln und mit empirisch gefunden Fehler-schranken vergleichen.
7. Überwachungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergleichsmittel zwei Fehler-schranken je nach Signaldynamik auswählen und die Signaldynamik anhand einer zuvor berechneten Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung des Istwinkelsignals kennzeichnen.
8. Verwendung des Überwachungssystems nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Überwachung einer Stellermechanik eines fahrdynamischen Lenksystems (FLS) in einem Kraftfahrzeug, die einen am Lenkrad eingestellten Fahrerlenkradwinkel (DELTALR) und einen durch einen Stellermotor erzeugten Zusatzwinkel (DELTAM) zu einem Stellerausgangswinkel (DELTAV) addiert, wobei Winkelsensoren der Überwachungsmittel jeweils zur Erfassung des Istwerts des Fahrerlenkradwinkels (DELTALR), des vom Stellermotor erzeugten Zusatzwinkels (DELTAM) und des Stellerausgangswinkels (DELTAV) vorgesehen sind.
9. Verwendung des Überwachungssystems nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das dynamische Modell der Überwachungsmittel den Istwert des Stellerausgangswinkels (DELTAV) vorhersagt.
10. System zur Überwachung einer Lagestelleinrichtung im Fahrzeug, insbesondere im Kraftfahrzeug, die aufgrund einer Solllage (DELTAM + DELTAR) eine Istlage (DELTAV) einstellt, und mit einem Istlagesensor zur Erfassung der eingestellten Istlage der Stelleinrichtung versehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass Überwachungsmittel (10, 11) vorgesehen sind, die anhand eines dynamischen Modells eine Vorhersage der Istlage aus der Kenntnis der Solllage und aus fahrdynamischen Größen ausführen und die vorhergesagte Istlage mit der sensorisch erfassten Istlage vergleichen (15) und aus dem Vergleichsergebnis ein Fehlersignal (17) ableiten.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.